

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання курсового проекту (курсової роботи)

**«ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО
ОСВІТЛЕННЯ ВУЛИЦЬ І ДОРІГ»**

*(для студентів денної і заочної форм навчання
зі спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019

Методичні вказівки до виконання курсового проекту (курсової роботи) «Проектування електричного освітлення вулиць і доріг» (для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Ю. О. Васильєва, О. М. Ляшенко. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 26 с.

Укладачі : канд. техн. наук Ю. О. Васильєва,
ст. викл. О. М. Ляшенко

Рецензент:

Г. О. Петченко, кандидат фізико-математичних наук, доцент
Харківського національного університету міського господарства імені
О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою світлотехніки і джерел світла, протокол № 7
від 31.05.2016.*

ВСТУП

Основним завданням установок зовнішнього освітлення є створення зорових умов, при яких забезпечується рівень видимості, що дозволяє водіям механізованого транспорту вчасно виявляти й розрізняти різні перешкоди на шляху руху транспорту з відстані в кілька десятків метрів, а пішоходам розрізняти нерівності тротуару й бруківки, побачити огородження й розпізнати зустрічних людей з відстані в кілька метрів.

При проектуванні вуличних освітлювальних установок мають бути забезпечені:

- а) нормовані величини середньої яскравості покриттів при оптимальних кількісних показниках установок;
- б) раціональне використання електроенергії;
- в) висока надійність освітлення;
- г) безпека обслуговуючого персоналу та ряд інших вимог, пов'язаних з керуванням освітлювальних установок і зручністю їхнього обслуговування.

У цьому проекті потрібно вибрати основні параметри освітлювальної установки (ОУ) залежно від норми яскравості дорожнього покриття, розподілу яскравості й показника засліпленості. Залежно від ширини проїзної частини, схеми розташування, типів освітлювальних приладів (ОП) і джерел світла (ДС) визначити висоту установки ОП, крок і число світильників (опор) на 1 км дороги, встановлену потужність ОУ на 1 км вулиці.

Встановлена потужність ОУ, віднесена до 1 м^2 проїзної частини й одиниці норми освітлювання (яскравості, освітленості), дозволяє вибрати найраціональніший за витратою електроенергії варіант установки, що забезпечує задану середню яскравість (середню освітленість) дорожнього покриття.

На остаточний вибір варіанта установки впливають значення приведених річних витрат, розрахованих за варіантами ОУ, з урахуванням вартісних показників, затверджених (діючих) цінників.

Застосовані в проекті електрообладнання і матеріали повинні відповідати вимогам ДБН, ТУ, ПУЕ, ПТЕ і ПТБ.

Конструкція, вид виконання, спосіб встановлення і клас ізоляції електрообладнання повинні відповідати номінальній напрузі мережі й умовам навколишнього середовища.

ЗАВДАННЯ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ (КУРСОВОЇ РОБОТИ)

Варіант № ____ (див. табл. 1)

1. Для заданого варіанта вулиці вибрати такі параметри освітлювальної установки:

1.1 Рівень середньої яскравості, середньої освітленості дорожнього покриття проїзної частини й пішохідних зон.

1.2 Джерела світла, які рекомендують для вулиць даної категорії.

1.3 Освітлювальні прилади.

1.4 Схеми розміщення освітлювальних приладів.

2. Для варіантів освітлювальних установок, що розглядають, виконати порівняльну техніко-економічну оцінку:

2.1 За величиною встановленої питомої потужності на 1 м^2 проїзної частини вулиці.

2.2 За мінімумом приведених річних витрат.

2.3 За строком окупності установки і вибрати оптимальний варіант.

3. Для вибраного в п. 2 варіанта вуличної освітлювальної установки виконати розрахунок:

– яскравості в окремих точках (не менше трьох);

– середньої яскравості дорожнього покриття;

– освітлювальної установки пішохідних доріг за середньою освітленістю;

– показника засліпленості.

4. Спроекувати установку проїзної частини, тротуарів і пішохідних шляхів вулиці.

5. Розробити схему живлення освітлювальної установки і виконати розрахунок перерізів ліній живлення.

Таблиця 1 – Параметри вулиць і доріг за варіантами

| Варіант | Номер рисунок | Нормована середня яскравість | Параметри вулиць і доріг | | | |
|---------|------------------|------------------------------------|--------------------------|-------|-----|---|
| | | | a | b | c | q |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 |
| 1.1 | 1 | 0,4 | 30 | 7,5 | 4,0 | — |
| 1.2 | 1 | 0,4 | 30 | 10,5 | 4,0 | — |
| 1.3 | 1 | 0,4 | 30 | 11,25 | 4,0 | — |
| 1.4 | 1 | 0,4 | 30 | 12,0 | 4,0 | — |
| 1.5 | 1 | 0,4 | 30 | 14,0 | 4,0 | — |
| 1.6 | 1 | 0,4 | 30 | 15,0 | 4,0 | — |
| 1.7 | 1 | 0,6 | 30 | 7,5 | 4,0 | — |
| 1.8 | 1 | 0,6 | 30 | 10,5 | 4,0 | — |
| 1.9 | 1 | 0,6 | 30 | 11,25 | 4,0 | — |
| 1.10 | 1 | 0,6 | 30 | 12,0 | 4,0 | — |
| 1.11 | 1 | 0,6 | 30 | 14,0 | 4,0 | — |
| 1.12 | 1 | 0,6 | 30 | 15,0 | 4,0 | — |
| 1.13 | 1 | 0,8 | 30 | 7,5 | 4,0 | — |
| 1.14 | 1 | 0,8 | 30 | 10,5 | 4,0 | — |
| 1.15 | 1 | 0,8 | 30 | 11,25 | 4,0 | — |
| 1.16 | 1 | 0,8 | 30 | 12,0 | 4,0 | — |
| 1.17 | 1 | 0,8 | 30 | 14,0 | 4,0 | — |
| 1.18 | 1 | 0,8 | 30 | 15,0 | 4,0 | — |
| 1.19 | 1 | 1,0 | 30 | 12,0 | 4,0 | — |
| 1.20 | 1 | 1,0 | 30 | 14,0 | 4,0 | — |
| 1.21 | 1 | 1,0 | 30 | 15,0 | 4,0 | — |
| 1.22 | 1 | 1,2 | 30 | 12,0 | 4,0 | — |
| 1.23 | 1 | 1,2 | 30 | 14,0 | 4,0 | — |
| 1.24 | 1 | 1,2 | 30 | 15,0 | 4,0 | — |

Продовження таблиці 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 |
|------|---|-----|----|------|-----|---|
| 1.25 | 1 | 0,6 | 40 | 15,0 | 4,0 | — |
| 1.26 | 1 | 0,6 | 40 | 21,0 | 4,0 | — |
| 1.27 | 1 | 0,8 | 40 | 15,0 | 4,0 | — |
| 1.28 | 1 | 0,8 | 40 | 21,0 | 4,0 | — |
| 1.29 | 1 | 1,0 | 40 | 15,0 | 4,0 | — |
| 1.30 | 1 | 1,0 | 40 | 21,0 | 4,0 | — |
| 1.31 | 1 | 1,2 | 40 | 15,0 | 4,0 | — |
| 1.32 | 1 | 1,2 | 40 | 21,0 | 4,0 | — |
| 1.33 | 1 | 1,6 | 40 | 15,0 | 4,0 | — |
| 1.34 | 1 | 1,6 | 40 | 21,0 | 4,0 | — |
| 2.1 | 2 | 0,6 | 30 | 5,5 | 3,0 | — |
| 2.2 | 2 | 0,6 | 30 | 7,5 | 3,0 | — |
| 2.3 | 2 | 0,6 | 40 | 10,5 | 3,0 | — |
| 2.4 | 2 | 0,6 | 40 | 12,0 | 3,0 | — |
| 2.5 | 2 | 0,6 | 50 | 14,0 | 3,0 | — |
| 2.6 | 2 | 0,6 | 50 | 15,0 | 3,0 | — |
| 2.7 | 2 | 0,8 | 30 | 6,0 | 3,0 | — |
| 2.8 | 2 | 0,8 | 30 | 7,0 | 3,0 | — |
| 2.9 | 2 | 0,8 | 40 | 10,5 | 3,0 | — |
| 2.10 | 2 | 0,8 | 40 | 12,0 | 3,0 | — |
| 2.11 | 2 | 0,8 | 50 | 14,0 | 4,0 | — |
| 2.12 | 2 | 0,8 | 50 | 15,0 | 4,0 | — |
| 2.13 | 2 | 1,0 | 30 | 6,0 | 3,0 | — |
| 2.14 | 2 | 1,0 | 30 | 7,5 | 3,0 | — |
| 2.15 | 2 | 1,0 | 40 | 10,5 | 3,0 | — |
| 2.16 | 2 | 1,0 | 40 | 12,0 | 3,0 | — |

Продовження таблиці 1

| | | | | | | |
|------|---|-----|----|------|-----|----|
| 2.17 | 2 | 1,0 | 50 | 14,0 | 4,0 | — |
| 2.18 | 2 | 1,0 | 50 | 15,0 | 4,0 | — |
| 2.19 | 2 | 1,2 | 30 | 6,0 | 3,0 | — |
| 2.20 | 2 | 1,2 | 30 | 7,5 | 3,0 | — |
| 2.21 | 2 | 1,2 | 40 | 10,5 | 3,0 | — |
| 2.22 | 2 | 1,2 | 40 | 12,0 | 3,0 | — |
| 2.23 | 2 | 1,2 | 50 | 14,0 | 4,0 | — |
| 2.24 | 2 | 1,2 | 50 | 15,0 | 4,0 | — |
| 2.25 | 2 | 1,6 | 30 | 6,0 | 3,0 | — |
| 2.26 | 2 | 1,6 | 30 | 7,5 | 3,0 | — |
| 2.27 | 2 | 1,6 | 40 | 10,5 | 3,0 | — |
| 2.28 | 2 | 1,6 | 40 | 12,0 | 3,0 | — |
| 2.29 | 2 | 1,6 | 50 | 14,0 | 4,0 | — |
| 2.30 | 2 | 1,6 | 50 | 15,0 | 4,0 | — |
| 3.1 | 3 | 0,6 | 40 | 6,0 | 4,0 | 7 |
| 3.2 | 3 | 0,6 | 50 | 7,5 | 4,0 | 7 |
| 3.3 | 3 | 0,6 | 50 | 10,5 | 4,0 | 7 |
| 3.4 | 3 | 0,6 | 60 | 12,0 | 4,0 | 7 |
| 3.5 | 3 | 0,8 | 40 | 6,0 | 4,0 | 7 |
| 3.6 | 3 | 0,8 | 50 | 7,5 | 4,0 | 10 |
| 3.7 | 3 | 0,8 | 50 | 10,5 | 4,0 | 10 |
| 3.8 | 3 | 0,8 | 60 | 12,0 | 4,0 | 10 |
| 3.9 | 3 | 1,0 | 40 | 6,0 | 4,0 | 10 |
| 3.10 | 3 | 1,0 | 50 | 7,5 | 4,0 | 10 |
| 3.11 | 3 | 1,0 | 50 | 10,5 | 4,0 | 10 |
| 3.12 | 3 | 1,0 | 60 | 12,0 | 4,0 | 10 |
| 3.13 | 3 | 1,2 | 40 | 6,0 | 4,0 | 10 |

Закінчення таблиці 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 |
|------|---|-----|----|------|-----|----|
| 3.14 | 3 | 1,2 | 50 | 7,5 | 4,0 | 10 |
| 3.15 | 3 | 1,2 | 50 | 10,5 | 4,0 | 10 |
| 3.16 | 3 | 1,2 | 60 | 12,0 | 4,0 | 10 |
| 3.17 | 3 | 1,2 | 70 | 15,0 | 4,0 | 10 |
| 3.18 | 3 | 1,2 | 80 | 21,0 | 4,0 | 10 |
| 3.19 | 3 | 1,6 | 40 | 6,0 | 4,0 | 12 |
| 3.20 | 3 | 1,6 | 50 | 7,5 | 4,0 | 12 |
| 3.21 | 3 | 1,6 | 50 | 10,5 | 4,0 | 12 |
| 3.22 | 3 | 1,6 | 60 | 12,0 | 4,0 | 12 |
| 3.23 | 3 | 1,6 | 70 | 15,0 | 4,0 | 12 |
| 3.24 | 3 | 1,6 | 80 | 21,0 | 4,0 | 12 |

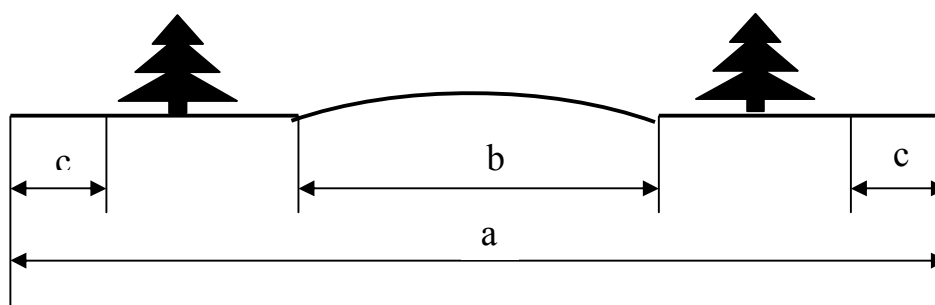


Рисунок 1 – Профіль вулиці з однією проїзною частиною

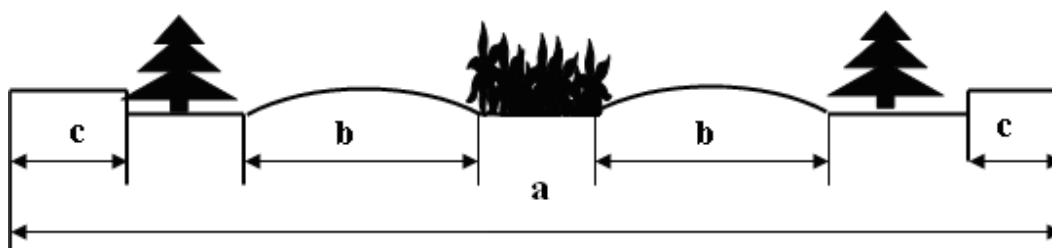


Рисунок 2 – Профіль вулиці з двома проїзними частинами

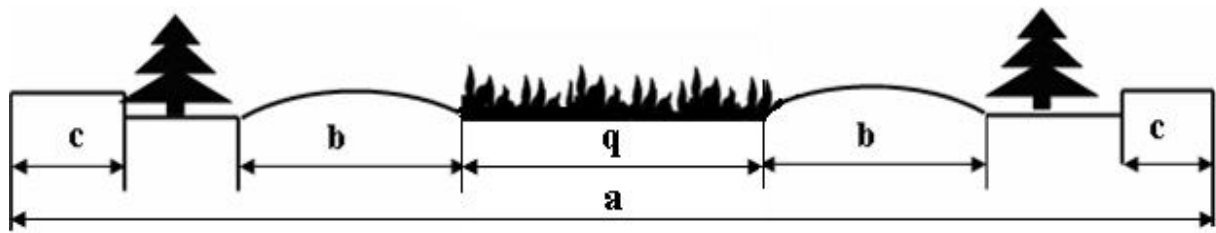


Рисунок 3 – Профіль вулиці з двома проїзними частинами та широкою відокремлювальною смугою

1 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВУЛИЧНИХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

1.1 Вибір нормованих значень яскравості, освітленості установок зовнішнього освітлення

Значення яскравості дорожніх покриттів, що визначають рівень видимості об'єктів на освітлених вулицях, залежить від типу покриття (асфальт, бетон і тощо), його стану, кута падіння світла.

У нормативних документах, що визначають правила проектування установок зовнішнього освітлення, рівень середньої яскравості дорожнього покриття регламентується, виходячи з категорійності вулиць, доріг і площ у містах і робочих селищах, а також автомобільних доріг, що є продовженням вулиць та інтенсивності руху транспорту згідно з таблиці 13 [2].

Значення середньої горизонтальної освітленості пішохідних вулиць, тротуарів приймають згідно з таблиці 14 [2].

Відношення мінімальної яскравості покриття проїзної частини вулиць, доріг і площ до середньої яскравості $L_{\min}/L_{\text{ср}}$ повинне бути не менше 0,4 при нормі середньої яскравості більше 0,6 кд/м² і не менше 0,3 – при нормі середньої яскравості 0,6 кд/м² і менше.

Відношення мінімальної яскравості до максимальної вздовж смуги руху повинне бути не менше 0,6 при нормі середньої яскравості більше 0,6 кд/м² і не менше 0,4 – при нормі середньої яскравості 0,6 кд/м² і менше.

Для вулиць, площі категорії А і Б регламентований показник засліпленості вуличної освітлювальної установки не повинен перевищувати 150.

Для освітлювальних установок вулиць і доріг категорії В, виходячи з умов обмеження засліпленості зменшується мінімальна висота ОП, таблиці 10 [2].

1.2 Вибір джерел світла, системи освітлення, світильників та їх розташування

Вимоги економічності вуличної освітлювальної установки і правильної передачі кольору – основні умови, що визначають вибір ДС і світлових приладів, а також способів їхнього розміщення, і здійснюються на підставі техніко-економічного розрахунку відповідно до наведеної нижче методики.

Рекомендації із застосування різних джерел світла і їхніх сполучень для освітлення проїжджої частини вулиць і доріг, а також зон масового перебування людей, наведені в таблиці 15.4 [3].

Освітлювальні прилади, які рекомендують для освітлення вулиць, доріг і площ, залежно від типу ДС і світлового потоку, приведені в таблиці 15.5 [3], а схеми їхнього розташування – в таблиці 15.13 [3].

Технічні характеристики окремих світильників, їхній зовнішній вигляд і ескізне креслення, подані в таблиці 15.12 [3].

1.3 Методика розрахунку кроку ліхтарів за середньою яскравістю

Крок ліхтарів (опор із світильниками) розраховують за формулою

$$D = \frac{1}{\pi L_n b k} \sum_{i=1}^M \eta_{Li} \phi_{li} m_i,$$

де D – крок ліхтарів, м;

L_n – нормована середня яскравість покриття, кд/м² ;

k – коефіцієнт запасу;

b – ширина проїжджої частини вулиці чи дороги, м;

M – кількість рядів світильників уздовж освітлюваної смуги;

η_{Li} – коефіцієнт використання за яскравістю світильників i -го ряду;

ϕ_{li} – світловий потік світильника i -го ряду;

m_i – число світильників ліхтаря, що відносяться до i -го ряду.

Коефіцієнт використання за яскравості для даного ряду світильників визначають залежно від взаємного розташування цього ряду й освітлюваної смуги за формулами: при розташуванні ряду світильників над смугою (рис. 4, а)

$$\eta_L = \eta'_{L1} + \eta''_{L2},$$

при розташуванні ряду світильників поза освітлюваною смугою (рис. 4, б)

$$\eta_L = \eta'_{L1} - \eta''_{L2},$$

де η'_L – значення коефіцієнта використання за яскравістю для даного типу світильника в напрямку $\beta = 0^\circ$ для відношення b'_1 / h ;

η''_{L2} – те ж у напрямку $\beta = 180^\circ$ для відношення b''_2 / h ;

η'_{L2} – те ж у напрямку $\beta = 0^\circ$ для відношення b'_2 / h .

Значення η_L наведені в каталогах у вигляді кривих $\eta_L = f(b/h)$, а також у таблицях. Для несиметричних світильників даються дві криві: вбік осі руху $\beta = 0^\circ$ і в протилежний бік $\beta = 180^\circ$. У випадку застосування світильників, не зазначених у таблицях, коефіцієнт використання за яскравістю може бути визначений за описаною нижче методикою. Для консольних світильників коефіцієнти використання за яскравістю приводять з урахуванням нахилу світильника під кутом 15° до обрію.

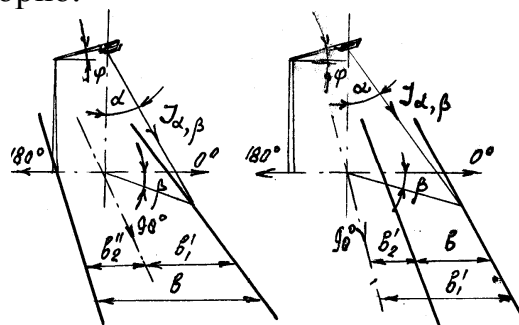


Рисунок 4 – Схема відліку кутів при розташуванні світильника:
а – над смугою, що освітлюється; б – поза освітлюваною смугою

2 МЕТОДИКА ВИБОРУ ВАРІАНТА ОУ ЗА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Як критерії економічної оцінки світлотехнічних рішень ОУ вулиць і доріг приймають:

- величину питомої встановленої потужності;
- розмір питомих приведених витрат;
- строк окупності збільшених капітальних витрат на спорудження ОУ.

2.1 Питому встановлену потужність знаходять як потужність ОУ, віднесену до довжини, і розраховують за формулою:

$$p_0 = \frac{P_{св} \cdot m \cdot M}{D \cdot b},$$

де $P_{св}$ – потужність ламп у світильнику з урахуванням втрат у ПРА, Вт;

$$P_{св} = (p_l + \Delta p_{ПРА}) n_l$$

p_l – потужність однієї лампи, Вт;

$\Delta p_{ПРА}$ – величина втрат у ПРА, Вт;

n_l – число ламп у світильнику;

m – число світильників ліхтаря, що відносяться до одного ряду.

2.2 Питомими приведеними витратами C називається сума експлуатаційних витрат на утримання установки C_i і 15 % витрат на придбання і монтаж світильників, придбання та установку опор, віднесених до довжини вулиці K_i .

$$C = C_i + 0,15K_i.$$

Складовими річних експлуатаційних витрат є:

C_e – питомі витрати на оплату електроенергії, споживаної установкою за рік, грн. / м²;

C_l – питома вартість замінюваних протягом року ламп, грн / м²;

$C_{об}$ – питома вартість обслуговування установки за рік, грн / м²;

Значення C_e , C_l і $C_{об}$ знаходять за формулами

$$C_e = \xi \rho_0 T q 10^{-3};$$

$$C_l = \frac{K_l n_l T m M}{\tau_l D b};$$

$$C_{об} = \frac{j_{об} (K_c + K_l)}{D b} m M,$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в мережі, дорівнює 1,03;

T – число годин використання ОУ за рік, год;

q – вартість 1 кВт / год електроенергії, грн;

K_l – вартість однієї лампи, грн;

K_c – вартість одного світильника без ламп, грн;

τ_l – строк служби ламп, год;

$j_{об}$ – коефіцієнт відносних витрат на обслуговування світильників, дорівнює 0,1.

Розмір питомих річних капіталовкладень на 1 м² знаходять за формулою

$$0,15K_i = \frac{mM(K_c + K_a) + K_oM}{D \cdot b},$$

де K_o – вартість опори і її монтажу, грн.

2.3 Строк окупності τ , рік, порівнюваної установки визначають за формулою

$$\tau = \frac{K_{i1} - K_{i2}}{C_{i2} - C_{i1}},$$

де K_{i1} , K_{i2} – питомі капіталовкладення за порівнюваними варіантами, грн.;

C_{i1} , C_{i2} – сумарні питомі експлуатаційні витрати в рік за цими ж варіантами, грн.

3 СВІЛОТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОУ

3.1 Методика розрахунку яскравості в окремих точках

Яскравість дорожнього покриття L у заданих контрольних точках при сукупній дії декількох (не менше 10) освітлювальних приладів дорівнює

$$L = \sum_{i=1}^n L_i,$$

де n – число світильників, що висвітлюють розрахункову точку;

L_i – яскравість точки, яку розглядають, освітлюваної i -м світильником;

$$L_i = \frac{r_i \cos^3 a_i}{\pi} \cdot \frac{I_{\alpha, \beta}}{h^2},$$

де $\frac{r_i \cos^3 a_i}{\pi}$ – функція коефіцієнта яскравості, знаходять за графіком (рис. 5, 6).

$I_{\alpha, \beta}$ – сила світла i -го світильника в напрямку розрахункової точки, кд;

h – висота розташування над рівнем дорожнього покриття, м.

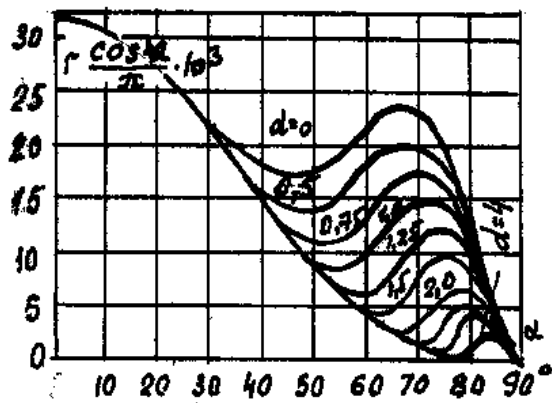


Рисунок 5 – Графік для розрахунку яскравості асфальтових покриттів

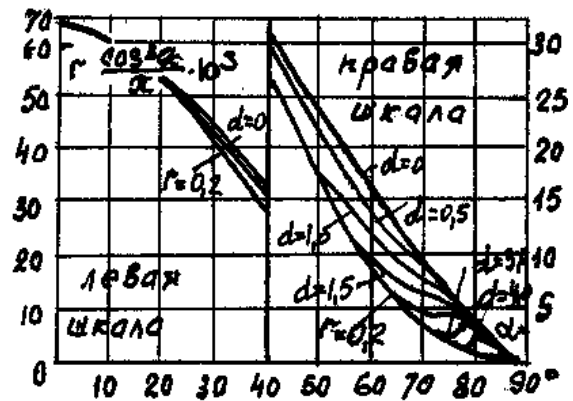


Рисунок 6 – Графік для розрахунку яскравості бетонних покриттів

Для світильників, що посиляють світловий потік у напрямку спостерігача, значення коефіцієнта яскравості приймають за 0,1.

При нахилі світильника під кутом $Q = 15^\circ$ у точку, яку розглядають, будуть падати промені, що характеризуються кутами $\alpha_{Q=15^\circ}$, $\beta_{Q=15^\circ}$, і зв'язані з кутами α і β такими співвідношеннями:

$$\alpha_{Q=15^\circ} = \arccos(\sin \alpha \cos \beta \sin 15^\circ + \cos \alpha \cos 15^\circ) =$$

$$= \arccos(0,259 \sin \alpha \cos \beta + 0,966 \cos \alpha);$$

$$\beta_{Q=15^\circ} = \arcsin \frac{\sin \alpha \sin \beta}{\sin \alpha_{Q=15^\circ}}.$$

3.2 Методика розрахунку середньої яскравості і коефіцієнта використання за яскравістю

Середня яскравість дорожнього покриття є сумою двох складових: $(L_{cp})_1$ і $(L_{cp})_2$, де $(L_{cp})_1$ – середня яскравість покриття, створювана світловими потоками світильників, розташованих перед спостерігачем; $(L_{cp})_2$ – те ж, створювана світильниками, розташованими за спостерігачем.

3.2.1 Розрахунок $(L_{cp})_2$. За кривою розподілу сили світла світильника з круглосиметричним світлорозподілом і з умовною лампою ($\Phi_{\lambda} = 1000$ лм) визначають зональні потоки:

$$\Delta\Phi_{зон} = 2\pi I_{\alpha} (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)$$

3.2.2 За графіком $K_{\alpha} = f(b/h)$ (рис. 9.5 [3]) знаходять значення коефіцієнтів K_{α} для 10-градусних зон кутів α .

3.2.3 Визначають корисний потік кожної десятиградусної зони:

$$\Delta\Phi_{пол} = \Delta\Phi_{зон} \cdot K_{\alpha}$$

Підсумовуванням корисних потоків визначають світловий потік світильника, що досягає проїзної частини:

$$\Phi_n = \sum_{\alpha=0}^{\alpha=\frac{\pi}{2}} \Delta\Phi_{пол}$$

3.2.4 За відношенням потоку, що падає на проїзну частину до умовного світлового потоку світильника, визначають коефіцієнт використання світлового потоку світильника (коефіцієнт використання світильника за освітленістю):

$$\eta_E = \frac{\Phi_n}{1000}.$$

3.2.5 Визначають середню освітленість дорожнього покриття:

$$E_{cp} = \frac{\Phi_{\lambda} n M}{D b} \cdot \eta_E.$$

За E_{cp} розраховують середню яскравість проїзної частини, створювану світильниками, розташованими за спостерігачем (тобто діючими в напрямку спостерігача):

$$(L_{cp})_2 = \frac{0,1 E_{cp}}{\pi}.$$

3.2.6 $(L_{cp})_1$ розраховують за формулою

$$(L_{cp})_1 = \frac{\Phi_{\lambda}}{1000 D b \pi} \sum_{\alpha=0}^{\frac{\pi}{2}} \Delta\Phi_{пол} \cdot r_{cp},$$

де r_{cp} – середній коефіцієнт яскравості покриття. визначають за таблицею 16.9, 16.10 для гладкого чи шорсткуватого асфальтобетонного покриття.

3.2.7 Знаходять сумарну середню яскравість покриття:

$$L_{cp} = (L_{cp})_1 + (L_{cp})_2$$

3.2.8 Визначають коефіцієнт використання за яскравістю світильників, розташованих перед спостерігачем:

$$\eta_r = \frac{\sum_{\alpha=0}^{\alpha=\frac{\pi}{2}} \Delta\Phi_{пол} \cdot r_{cp}}{1000}.$$

Оскільки половина всіх світильників є «передніми» і половина «задніми», то остаточний коефіцієнт використання за яскравістю

$$\eta_L = \frac{\eta_r + 0,1\eta_e}{2}.$$

3.2.9 При розрахунку середньої яскравості, створюваної світильниками, світлорозподіл яких має дві площини симетрії і крива сили світла $I_{\alpha_0, \gamma}$ являє собою похилу площину γ , зональний корисний потік визначають за формулою:

$$\Delta\Phi_{пол} = 2 \sum_{\gamma=0}^{\gamma=\frac{\pi}{2}} I_{\alpha_0, \gamma} \cdot \Delta^2\omega,$$

а повний корисний потік буде дорівнювати

$$\Phi_{пол} = \frac{2\Phi_{л}}{1000} \sum_{\alpha_0=0}^{\alpha_0=\frac{\pi}{2}} \sum_{\gamma=0}^{\gamma=\frac{\pi}{2}} I_{\alpha_0, \gamma} \cdot \Delta^2\omega,$$

де $\Delta^2\omega = (\alpha_{0_1} - \alpha_{0_2}) (\sin \gamma_2 - \sin \gamma_1) \cdot \frac{\pi}{180}$.

У випадку подання сили світла світильника в двох площинах: поздовжній: $\beta=90^\circ$ і поперечній $\beta=0^\circ$, для визначення зонального і повного потоків застосовують формулу:

$$\Phi_{пол} = \frac{3\Phi_{попер.} + 4\Phi_{прод.}}{7},$$

де $\Phi_{попер.}$ і $\Phi_{прод.}$ – сумарні корисні зональні потоки, визначені для світильника із заданими кривими в поперечній і поздовжній площинах.

3.3 Розрахунок освітлювальної установки пішохідних зон за середньою освітленістю здійснюють за формулою:

$$D = \frac{\Phi_{л} \eta_e M}{E_{cp} \cdot \kappa \cdot b},$$

де D – крок світильників, м;

$\Phi_{л}$ – світловий потік лампи (чи ламп) світильника, лм;

M – число рядів світильників;

E_{cp} – нормована середня освітленість, лк;

κ – коефіцієнт запасу;

b – ширина пішохідної дороги чи алеї, м;

η_E – коефіцієнт використання по освітленості;

$$\eta_E = \eta'_E + \eta''_E,$$

де η'_E і η''_E – значення коефіцієнтів використання, встановлюють окремо для кожної з ділянок дороги, розташованих на обидві сторони від вертикальної площини, що проходить через лінію світлових центрів світильників у випадку їхнього розташування над дорогою (див. рис. 5, а) і $\eta_E = \eta'_E - \eta''_E$ при розташуванні світильників поза освітлюваною пішохідною дорогою.

3.4 Показник засліпленості P визначають за формулою:

$$P = C_\lambda C_L \cdot 570 \frac{\sum_{i=1}^M \beta_i}{K L_n},$$

де C_λ – коефіцієнт нееквівалентності, що дорівнює:

для ламп розжарювання – 1;

для металогалогенних ламп – 1,1;

для ламп ДРЛ – 1,3;

для натрієвих ламп високого тиску – 0,9;

C_L – коефіцієнт, залежний від яскравості фону, визначають за графіком (рис. 7);

$\sum_{i=1}^M \beta_i$ – сумарна яскравість вуалюючої завіси від M рядів світильників;

K – коефіцієнт запасу;

L_n – нормована середня яскравість, кд/м².

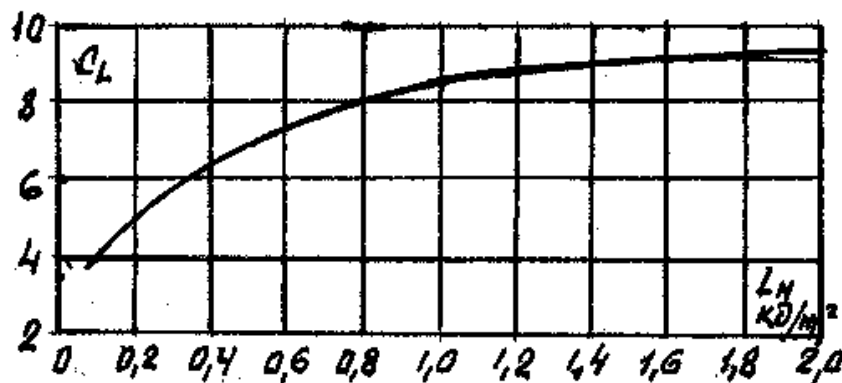


Рисунок 7 – Залежність C_L від яскравості L_n

Яскравість вуалюючої завіси β_i від кожного ряду світильників для спостерігача, які знаходяться на осі руху, знаходять за формулою:

$$\beta_i = \frac{m_i}{3300[(H-h)^2 + \Delta b_i^2]} (0,88I_{75^\circ} + 0,82I_{80^\circ} + 2,1I_{85^\circ} + 1,55I_{90^\circ}),$$

де m_i – кількість світильників на опорі, що відносяться до даного ряду;

H – висота установки світильників, м;

h – висота очей спостерігача над рівнем проїзної частини, що дорівнює 1,5 м;

Δb_i – відстань між вертикальними площинами, що проходять через лінію зору спостерігача й i -й ряд світильників.

$I_{75^\circ} \dots I_{90^\circ}$ – значення сили світла світильника, кд, у площині $\beta=90^\circ$ під кутами $\alpha = 75^\circ, 80^\circ, 85^\circ$ і 90° .

ПРИКЛАД:

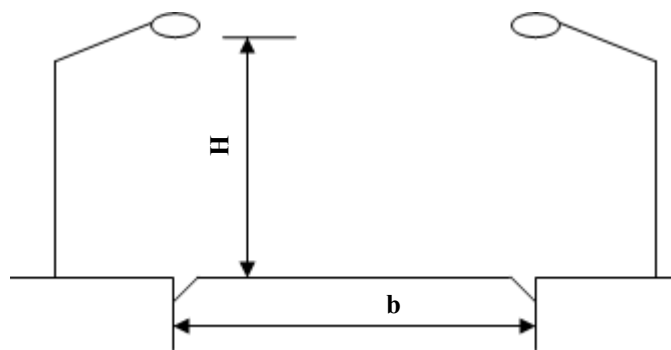


Рисунок 8 – Схема розташування ОП дворядна в шаховому порядку

Вихідні дані для розрахунку:

$L_H = 2$ кд/м²; $K_3 = 1,5$; $b = 24$ м; $H = 12$ м; стояк НФГ-12; $z = 1000$ м.

Світильники:

РКУ15-400 із ДРЛ 400(10)-4, $\Phi_L = 13000$ лм, $\tau_L = 15000$ год;

ГКУ15-400 із ДРІ 400, $\Phi_L = 35000$ лм, $\tau_L = 12000$ год;

ЖКУ15-250 із ДНаТ 250, $\Phi_L = 26000$ лм, $\tau_L = 20000$ год.

Коефіцієнти використання за яскравістю при $b/H = 2,0$; втрати потужності в ПРА для джерел світла і потужності світильників

РКУ15 – 400; $\eta_L = 0,092$; $\Delta P_{ПРА} = 26$ Вт; $P_{св} = 426$ Вт;

ГКУ15 – 400; $\eta_L = 0,095$; $\Delta P_{ПРА} = 26$ Вт; $P_{св} = 426$ Вт;

ЖКУ15 - 250; $\eta_L = 0,1$; $\Delta P_{ПРА} = 20$ Вт; $P_{св} = 270$ Вт.

I. Розрахунок кроку світильників, питомої потужності та кількості світильників:

$$D = \frac{1}{\pi L_n b k} \sum_{i=1}^M \eta_{Li} \Phi_{Li} m_i,$$

$$P_o = \frac{P_{ce} m M}{D b}, \quad P_{ce} = (P_a + \Delta P_{ПРА}) n_a, \quad N = \frac{m z}{D} \cdot M, \quad M = 2.$$

Таблиця 3 – Розрахунок кроку світильників, питомої потужності та кількості світильників

| Варіант | Тип освітлювального приладу | Тип джерела світла | $\Phi_{л, лм}$ | D, м | $P_o, Вт/м^2$ | N |
|---------|-----------------------------|--------------------|----------------|------|---------------|-----|
| 1 | ЖКУ15-250 | ДНаТ – 250 | 26000 | 22,8 | 0,986 | 88 |
| 2 | ГКУ15-400 | ДРІ – 400 | 35000 | 29,3 | 1,21 | 68 |
| 3 | РКУ15-400 | ДРЛ – 400 | 24000 | 19,4 | 1,82 | 102 |

2. Визначення економічної ефективності ОУ за приведеними витратами

2.1 Визначення питомої вартості електроенергії, замінюваних протягом року ламп і вартості обслуговування:

Таблиця 4 – Розрахунок питомої вартості електроенергії, замінюваних протягом року ламп і вартості обслуговування

| Варіант | ξ | $P_o, Вт/м^2$ | T, год. | $q, грн/(кВт. год)$ | $C_e, грн/м^2$ | $K_{л, грн}$ | M | $T_{л, год}$ | $C_{л, грн/м^2}$ | $K_c, грн$ | $C_{об, грн/м^2}$ |
|---------|-------|---------------|---------|---------------------|----------------|--------------|---|--------------|------------------|------------|-------------------|
| 1 | 1,03 | 0,986 | 2400 | 0,25 | 0,609 | 51,6 | 2 | 20000 | 0,022 | 540,0 | 0,216 |
| 2 | 1,03 | 1,21 | 2400 | 0,25 | 0,747 | 108 | 2 | 12000 | 0,061 | 670,2 | 0,221 |
| 3 | 1,03 | 1,82 | 2400 | 0,25 | 1,124 | 31,4 | 2 | 15000 | 0,021 | 422,2 | 0,194 |

2.2 Питомі капіталовкладення і питомі витрати наведені за варіантами, складають:

Таблиця 5 – Питомі капіталовкладення і питомі витрати за варіантами

| Варіант | $K_c, грн$ | $K_{л, грн}$ | $K_o, грн$ | D, м | $\varepsilon K, грн/м^2$ | $C_e, грн/м^2$ | $C_{л, грн/м^2}$ | $C_{об, грн/м^2}$ | $C_i + \varepsilon K, грн/м^2$ | $P_o, Вт/м^2$ |
|---------|------------|--------------|------------|------|--------------------------|----------------|------------------|-------------------|--------------------------------|---------------|
| 1 | 540,0 | 51,6 | 320 | 22,8 | 3,744 | 0,609 | 0,022 | 0,216 | 4,591 | 0,986 |
| 2 | 670,2 | 108,0 | 320 | 29,3 | 3,44 | 0,747 | 0,061 | 0,221 | 4,469 | 1,21 |
| 3 | 309,48 | 31,4 | 320 | 19,4 | 5,75 | 1,124 | 0,021 | 0,194 | 7,089 | 1,82 |

Питомі річні експлуатаційні витрати і витрати на придбання і монтаж світильників та опор за варіантами наведені у таблиці 6.

Таблиця 6 – Сумарні показники за варіантами

| Варіант | $C_i = C_e + C_l + C_{об}$, грн / м ² | ϵK , грн / м ² | $C_i + \epsilon K$, грн / м ² |
|---------|---|-------------------------------------|---|
| 1 | 0,847 | 3,744 | 4,591 |
| 2 | 1,029 | 3,44 | 4,469 |
| 3 | 1,339 | 5,75 | 7,089 |

За питомими річними витратами економічним є 1-й варіант, за питомими витратами на придбання і монтаж світильників та опор – другий.

Визначимо строк окупності освітлювальної установки за 1-м варіантом порівняно з другим

$$\tau = \frac{K_1 - K_2}{C_2 - C_1} = \frac{3,744 - 3,44}{1,029 - 0,847} = 1,67 \text{ (рік)}$$

За сумарними показниками вибираємо 1-й варіант освітлювальної установки.

Таблиця 7 – Розподіл сили світла світильника ЖКУ 15-250-101/102 в поздовжній C_0 ($\beta = 90^\circ$) і поперечній C_{90} ($\beta = 0^\circ$) площинах

| α° | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| C_0 | 220 | 230 | 235 | 240 | 245 | 250 | 255 | 260 | 265 | 275 | 295 | 325 | 370 | 415 | 250 | 100 | 0 |
| C_{90} | 220 | 210 | 195 | 160 | 140 | 110 | 90 | 80 | 70 | 65 | 60 | 55 | 45 | 30 | 20 | 10 | 0 |

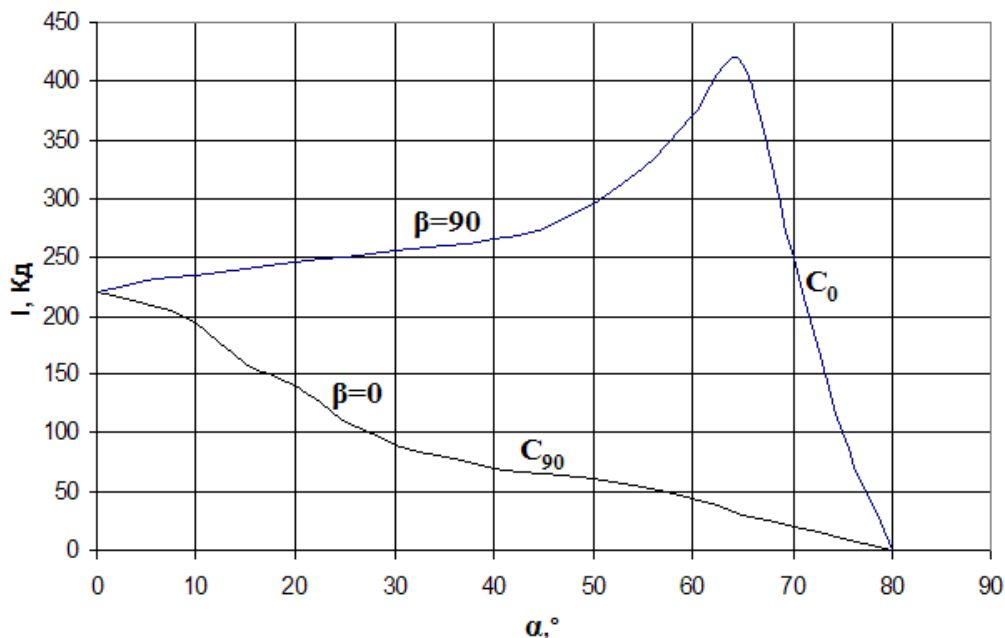


Рисунок 9 – Криві розподілу сили світла світильника ЖКУ15-250-101/102 з умовною лампою ($\Phi_{л} = 1000$ лм) у прямокутних координатах

3 Розрахунок яскравості в контрольних точках

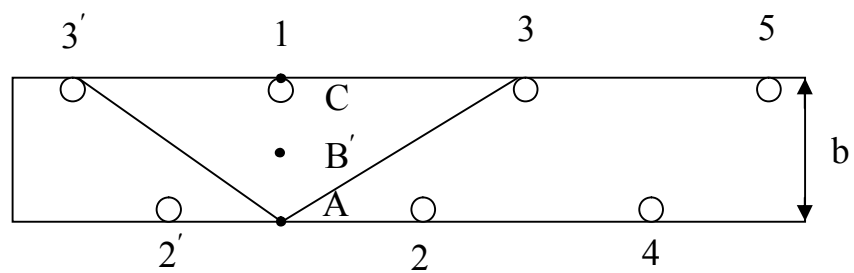


Рисунок 10 – Схема розташування світильників і розрахункових точок

Таблиця 8 – Розрахунок яскравості в контрольних точках А, В і С

| Точка | Номер світильника | $b_1, \text{м}$ | $l, \text{м}$ | $d, \text{м}$ | α° | $\cos \alpha$ | $\sin \alpha$ | β | $\cos \beta$ | $\sin \beta$ | α° | β° | $\sin \alpha$ | $f_{(a,d)}$ | $I_{\alpha,\beta}$ | $L_i, \text{кД/м}^2$ |
|-------|----------------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|-----------------|---------|--------------|--------------|----------------|---------------|---------------|-------------|--------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| А | 1 | 24 | 0 | 24 | 63 | 0,454 | 0,891 | 0 | 1,0 | 0 | 64 | 0 | 0,899 | 0,003 | 40 | 0,021 |
| А | 2 | 0 | 11,4 | 11,4 | 44 | 0,719 | 0,695 | 90 | 0 | 1 | 46 | 90 | 0,719 | 0,017 | 275 | 0,844 |
| А | 3 | 24 | 22,8 | 33,1 | 54 | 0,588 | 0,809 | 44 | 0,719 | 0,695 | 44 | 54 | 0,695 | 0,007 | 193 | 0,244 |
| А | 4 | 0 | 34,2 | 34,2 | 71 | 0,326 | 0,946 | 90 | 0 | 1 | 72 | 90 | 0,951 | 0,023 | 200 | 0,830 |
| А | 5 | 24 | 45,6 | 51,53 | 77 | 0,225 | 0,974 | 62 | 0,470 | 0,883 | 71 | 65 | 0,946 | 0,006 | 171 | 0,185 |
| А | 6 | 0 | 57 | 57 | 79 | 0,191 | 0,982 | 90 | 0 | 1 | 82 | 90 | 0,139 | | 0 | 0 |
| А | | | | | | | $\cos^3 \alpha$ | | | | | | | | | |
| А | 2 | 0 | 11,4 | 11,4 | 44 | 0,719 | 0,372 | 90 | 0 | 1 | 46 | 90 | 0,719 | | 40 | 0,085 |
| А | 3 | 24 | 22,8 | 33,1 | 54 | 0,588 | 0,203 | 44 | 0,719 | 0,695 | 44 | 54 | 0,695 | | 275 | 0,321 |
| А | 4' | 0 | 34,2 | 34,2 | 71 | 0,326 | 0,0347 | 90 | 0 | 1 | 72 | 90 | 0,951 | | 193 | 0,037 |
| А | 5' | 24 | 45,6 | 51,53 | 77 | 0,225 | 0,007 | 62 | 0,470 | 0,883 | 71 | 65 | 0,946 | | 200 | 0,008 |
| А | | | | | | | $\sin \alpha$ | | | | | | | | | $\Sigma=2,57$ |
| В | 1 | 12 | 0 | 12 | 45 | 0,707 | 0,707 | 0 | 1,0 | 0 | 47 | 0 | 0,731 | 0,011 | 70 | 0,139 |
| В | 2 | 12 | 11,4 | 16,55 | 54 | 0,588 | 0,809 | 44 | 0,719 | 0,695 | 44 | 54 | 0,695 | 0,008 | 190 | 0,274 |
| В | 3 | 12 | 22,8 | 25,76 | 65 | 0,423 | 0,906 | 63 | 0,454 | 0,891 | 59 | 70 | 0,857 | 0,012 | 300 | 0,65 |
| В | 4 | 12 | 34,2 | 36,24 | 72 | 0,309 | 0,951 | 71 | 0,326 | 0,946 | 68 | 76 | 0,927 | 0,015 | 250 | 0,677 |
| В | 5 | 12 | 45,6 | 47,15 | 76 | 0,242 | 0,970 | 75 | 0,259 | 0,966 | 73 | 78 | 0,956 | 0,015 | 160 | 0,433 |
| В | 6 | 12 | 57 | 58,2 | 78 | 0,208 | 0,978 | 78 | 0,208 | 0,978 | 75 | 82 | 0,966 | 0,013 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 8

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|----|----|------|-------|----|-------|-----------------|----|-------|-------|----|----|-------|-------|-----|---------------|
| B | | | | | | | $\cos^3 \alpha$ | | | | | | | | | |
| B | 2' | 12 | 11,4 | 16,55 | 54 | 0,588 | 0,203 | 44 | 0,719 | 0,695 | 44 | 54 | 0,695 | | 190 | 0,221 |
| B | 3' | 12 | 22,8 | 25,76 | 65 | 0,423 | 0,0755 | 63 | 0,454 | 0,891 | 59 | 70 | 0,857 | | 300 | 0,130 |
| B | 4' | 12 | 34,2 | 36,24 | 72 | 0,309 | 0,0295 | 71 | 0,326 | 0,946 | 68 | 76 | 0,927 | | 250 | 0,043 |
| B | | | | | | | $\sin \alpha$ | | | | | | | | | $\Sigma=2,57$ |
| C | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,0 | 0,0 | 0 | 1,0 | 0,0 | 15 | 0 | 0,259 | 0,034 | 160 | 0,982 |
| C | 2 | 24 | 11,4 | 26,56 | 66 | 0,407 | 0,914 | 25 | 0,906 | 0,423 | 53 | 29 | 0,799 | 0,003 | 145 | 0,078 |
| C | 3 | 0 | 22,8 | 22,8 | 62 | 0,470 | 0,883 | 90 | 0,0 | 1,0 | 63 | 82 | 0,891 | 0,023 | 380 | 1,578 |
| C | 4 | 24 | 34,2 | 41,78 | 74 | 0,276 | 0,961 | 55 | 0,574 | 0,919 | 66 | 75 | 0,914 | 0,007 | 250 | 0,315 |
| C | 5 | 0 | 45,6 | 45,6 | 75 | 0,259 | 0,966 | 90 | 0,0 | 1,0 | 75 | 90 | 0,966 | 0,020 | 100 | 0,361 |
| C | | | | | | | $\cos^3 \alpha$ | | | | | | | | | |
| C | 2 | 24 | 11,4 | 26,56 | 66 | 0,407 | 0,0673 | 25 | 0,906 | 0,423 | 53 | 29 | 0,799 | | 145 | 0,056 |
| C | 3 | 0 | 22,8 | 22,8 | 62 | 0,470 | 0,103 | 90 | 0,0 | 1,0 | 63 | 82 | 0,891 | | 380 | 0,225 |
| C | 4 | 24 | 34,2 | 41,78 | 74 | 0,276 | 0,0211 | 55 | 0,574 | 0,919 | 66 | 75 | 0,914 | | 250 | 0,030 |
| C | 5 | 0 | 45,6 | 45,6 | 75 | 0,259 | 0,0173 | 90 | 0,0 | 1,0 | 75 | 90 | 0,966 | | 100 | 0,0099 |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | $\Sigma=3,62$ |

Таблиця 9 – Розрахунок коефіцієнтів використання за освітленістю, яскравістю і середньою яскравістю дорожнього покриття

| Зона | ω | $K_a = f(b/h)$ ($b/h=2$) | I_a , кд $\beta = 90^\circ$ | $\Delta\Phi_{\text{зон 1}}$ $\beta = 90^\circ$ | I_a , кд $\beta = 0^\circ$ | $\Delta\Phi_{\text{зон 2}}$ $\beta = 0^\circ$ | $\Delta\Phi_{\text{пол}}$ лм | $r_{\text{ср}}$ | $\Delta\Phi_{\text{пол}} \cdot r_{\text{ср}}$ лм |
|---------|----------|-------------------------------|----------------------------------|---|---------------------------------|--|---------------------------------|---|---|
| 0 – 10 | 0,095 | 0,5 | 230 | 10,95 | 210 | 9,975 | 10,53 | 0,1 | 1,053 |
| 10 – 20 | 0,283 | 0,5 | 240 | 33,96 | 160 | 22,64 | 29,1 | 0,1 | 2,91 |
| 20 – 30 | 0,463 | 0,5 | 250 | 57,875 | 110 | 25,46 | 43,98 | 0,1 | 4,398 |
| 30 – 40 | 0,628 | 0,5 | 260 | 81,64 | 80 | 25,12 | 57,41 | 0,1 | 5,741 |
| 40 – 50 | 0,774 | 0,5 | 275 | 106,42 | 65 | 25,155 | 71,59 | 0,131 | 9,37 |
| 50 – 60 | 0,897 | 0,5 | 325 | 145,76 | 55 | 24,66 | 86,78 | 0,205 | 17,78 |
| 60 – 70 | 0,992 | 0,37 | 415 | 152,31 | 30 | 11,01 | 91,74 | 0,525 | 48,16 |
| 70 – 80 | 1,058 | 0,16 | 100 | 16,92 | 10 | 1,69 | 10,39 | 2,5 | 25,975 |
| 80 – 90 | 1,091 | 0,06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | $\Sigma\Phi_{\text{пол.}} = 401,52 \text{ (лм)}$ | | $\Sigma\Phi_{\text{пол}} r_{\text{ср}} = 115,38 \text{ (лм)}$ | |

$$\begin{aligned}
\eta_e &= \frac{401,52}{1000} = 0,401, & \eta_r &= \frac{115,3}{1000} = 0,115; \\
\eta_L &= \frac{\eta_r + 0,1\eta_e}{2} = \frac{0,115 + 0,1 \cdot 0,401}{2} = 0,0775; \\
E_{cp} &= \frac{\Phi_L \cdot \eta_e \cdot M}{b \cdot D} = \frac{26000 \cdot 0,401 \cdot 2}{24 \cdot 22,8} = 38,1 \text{ (Лк)}; \\
(L_{cp})_2 &= \frac{0,1E_{cp}}{\pi} = \frac{0,1 \cdot 38,1}{3,14} = 1,21 \text{ (кд/м}^2\text{)}; \\
(L_{cp})_1 &= \frac{\Phi_L}{1000 \cdot D \cdot b \cdot \pi} \sum \Delta\Phi_{nol} \cdot r_{cp} = \frac{26000}{1000 \cdot 24 \cdot 3,14 \cdot 22,8} \cdot 115,3 = 1,74 \text{ (кд/м}^2\text{)}; \\
L_{cp} &= (L_{cp})_1 + (L_{cp})_2 = 1,21 + 1,74 = 2,95 \text{ (кд/м}^2\text{)}. \\
(E_n \cdot K_3 &= 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ кд / м}^2\text{)}
\end{aligned}$$

Таким чином, яскравість в контрольних точках дорівнює: $L_A = 2,57$ кд/м²; $L_B = 2,57$ кд/м² і $L_C = 3,62$ кд/м², а середня яскравість – $L_{cp} = 2,95$ кд/м².

Відношення мінімальної яскравості до середнього значення $2,57/2,95 = 0,87$, що більше регламентованої величини (не менше 0,4 при нормі більше 0,6 кд/м²).

4 Розрахунок показника засліпленості

Вихідні дані для розрахунку:

$H = 12$ м, $h_H = 1,5$ м, $\Delta b_i = 12$ м, $C_\lambda = 0,9$, $C_L = 9,0$;

$I_{75} = 100$ кд., $I_{80} = 0$ кд.,

$$\beta_i = \frac{1}{3300[(12 - 1,5)^2 + 12^2]} \cdot [0,88 \cdot 100] = 1 \cdot 10^{-4}.$$

$$\sum_{i=1}^M \beta_i = 2 \cdot 10^{-4},$$

$$P = 0,9 \cdot 9,0 \cdot 570 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-4}}{1,5 \cdot 1,6} \cdot \frac{26000}{1000} = 10,0.$$

$$P_{розрах} = 10,0 < P_{доп} = 150.$$

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5 – 28 – 2006 : Держбуд України : затв. 15.05.06 : чинний з 1.10.2006. – Київ : Держ. комітет України з будівництва та архітектури, 2006. – 76 с.
2. Правила улаштування електроустановок : Міненерговугілля України : затв. 21.07.17: чинний з 21.08.2017. – Київ : Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.
3. Справочная книга по светотехнике/ Под ред. Ю. Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Знак, 2006. – 972 с.
4. Мешков В. В. Осветительные установки / В. В. Мешков, М. М. Епанешников. – Ленинград : Энергоиздат, 1981. – 360 с.
1. Салтиков В. О. Освітлення міст: навч. посібник / В. О. Салтиков.– Харків : ХНАМГ, 2009.– 221 с.
7. Кнорринг Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, Н. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – СПб. : Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.

Виробничо-практичне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання курсового проекту (курсової роботи)

**«ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО
ОСВІТЛЕННЯ ВУЛИЦЬ І ДОРІГ»**

*(для студентів денної і заочної форм навчання
зі спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*

Укладачі : **ВАСИЛЬЄВА** Юлія Олегівна,
ЛЯШЕНКО Олена Миколаївна

Відповідальний за випуск *Ю. О. Васильєва*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2016, поз. 238 М

Підп. до друку 10.04.2017 Формат 60x84/16
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 0,8
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rektorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.